

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-330868
 (43)Date of publication of application : 15.12.1998

(51)Int.CI. C22C 9/00
 C22C 1/04

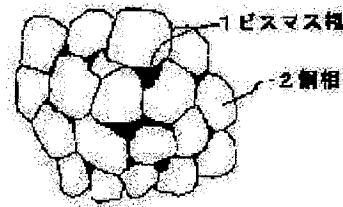
(21)Application number : 09-146374 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
 TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
 INC
 (22)Date of filing : 04.06.1997 (72)Inventor : MICHIOKA HIROBUMI
 FUWA YOSHIO
 SHIMURA YOSHIO
 HOTTA SHIGERU

(54) COPPER-BASE SINTERED ALLOY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a copper-base sintered alloy having, in a Pb-free state, sliding characteristic equal to that of a Cu-Pb sintered alloy by specifying a composition consisting of a bismuth phase composed of bismuth or bismuth-base alloy, a copper phase composed of copper or copper-base alloy, and inevitable impurities.

SOLUTION: A composition, which consists of, by weight, 5-50% of bismuth phase 1, composed of Bi or Bi-base alloy, and the balance copper phase 2, composed of Cu or Cu-base alloy, with inevitable impurities, is provided, by which the copper-base sintered alloy which is useful as a sliding material and free from Pb harmful to the global atmosphere is obtained. It is preferable that the above Bi phase is composed of a Bi alloy containing one or more kinds among $\leq 20\%$ Sn, $\leq 10\%$ Ag, and $\leq 5\%$ In. This copper-base alloy can be obtained by mixing a Cu or Cu-alloy powder with a Bi or Bi-alloy powder in the prescribed proportion, compacting the resultant powder mixture, and sintered at about 800°C under the atmosphere of Ar, etc. By lining the surface of a high strength steel plate with the resultant sintered compact, an excellent sliding material can be obtained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

特開平10-330868

(43)公開日 平成10年(1998)12月15日

(51)Int.Cl.⁶C 22 C 9/00
1/04

識別記号

F I

C 22 C 9/00
1/04

A

審査請求 未請求 請求項の数2 O.L (全9頁)

(21)出願番号

特願平9-146374

(22)出願日

平成9年(1997)6月4日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1

(72)発明者 道岡 博文

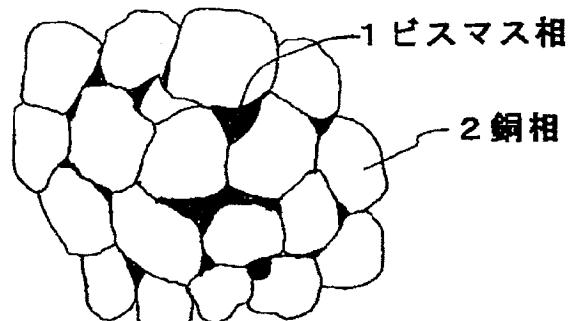
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内

(74)代理人 弁理士 大川 宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 銅基焼合金

(57)【要約】

【課題】 Pbを含まずにCu-Pb系焼合金と同等の
摺動特性を有する焼合金を提供する。【解決手段】 Bi又はBi基合金からなるビスマス相1
を5~50重量%含有し、残部をCu又はCu基合金と
不可避の不純物とからなる銅相2で構成する。硬質の銅
相2が荷重を支持し、ビスマス相1が相手材との焼き付
きの発生を抑制するため、Cu-Pb系焼合金と同等
の摺動特性が発現される。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ビスマス又はビスマス基合金からなるビスマス相を5～50重量%含有し、残部が銅又は銅基合金からなる銅相と不可避の不純物とで構成されていることを特徴とする銅基焼結合金。

【請求項2】 前記ビスマス相は錫、銀及びインジウムのうち少なくとも1種の元素を含み、少なくとも1種の該元素は該ビスマス相中に錫であれば20重量%以下、銀であれば10重量%以下及びインジウムであれば5重量%以下の範囲で含有されることを特徴とする請求項1記載の銅基焼結合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、摺動材料として有用な銅基焼結合金に関し、詳しくは鉛(Pb)を含まない銅基焼結合金に関する。

【0002】

【従来の技術】 軸受ブッシュなどの摺動材料として、従来より銅基焼結合金が多用されている。例えばCu-10%Sn合金を基本材質とし、通常Pb、黒鉛などが添加されてなる焼結合金は多孔構造を有しているため、焼結油軸受などに利用されている。

【0003】 またケルメットと通称されるCu-Pb系焼結合金は、特に優れた摺動特性を示すため摺動材料として広く用いられている。このCu-Pb系焼結合金の優れた摺動特性は、Cu相とPb相とからなる組織構造に起因し、硬質のCu又はCu合金からなるCu相が荷重を支持し、Pb相が相手材との焼き付きの発生を抑制するという作用に基づいている。

【0004】 しかしCu-Pb系焼結合金からなる摺動材料を劣化した潤滑油中で使用すると、Pb相が腐食されるため特性が低下するという不具合がある。そこで米国特許第4,878,768号には、Pb相にInを添加し耐食性を向上させたCu-Pb系焼結合金が開示されている。また、Cu-Pb系焼結合金からなる軸受けライニング表面に、Pb-Sn, Pb-Sn-Cu, Pb-Sn-Inなどからなる表面めっき層(オーバレイ)を形成することも行われている。オーバレイによりCu-Pb系焼結合金中のPb相の腐食が抑制されるとともに、なじみ性が向上するなど摺動性能が一層向上するため、高出力エンジンのすべり軸受けなど高荷負条件となる部分の材料としては、オーバレイ付きCu-Pb系焼結合金は不可欠の材料となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで近年、地球環境の保護の重要性が認められ、環境を害する恐れのあるPbの使用量を低減することが求められている。しかし摺動材料用のCu-Pb系焼結合金では、高い摺動特性を得るためにPbの使用量を30～40%と多くせざるを得ない。

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2210

2

性が低下する。したがってSnの添加量はビスマス相の20重量%以下とすることが望ましい。またSnより影響力は小さいものの、InもSnと同様に銅基焼結合金の融点を低下させるので、Inの添加量は5重量%以下とすることが望ましい。

【0013】またAgを添加しても銅基焼結合金の融点が低下するが、SnやInより低下する度合いが小さく、Agを例えば50重量%以上添加しても融点が262°Cより低下することはない。しかしAgの添加により銅基焼結合金が硬くなりすぎ、なじみ性が低下するので、Agの添加量は10重量%以下とするのが望ましい。本発明の銅基焼結合金は、従来のCu-Pb系焼結合金と同様に用いることができる。例えばすべり軸受け、ブッシュなど高強度の鋼板表面のライニングとして使用することができる。また高出力エンジンのすべり軸受けであれば、裏金表面に本発明の銅基焼結合金からなるライニングを形成し、さらにその表面にオーバレイを設けることができる。

【0014】

【実施例】以下、実施例及び比較例により本発明を具体的に説明する。図1に本実施例の銅基焼結合金の概略構成図を示す。この銅基焼結合金は、Bi又はBi基合金からなるビスマス相1を5~50重量%含有し、残部がCu又はCu基合金からなる銅相2と、図示しない不可避の不純物とで構成されている。

【0015】(実施例1) #100以下の市販の純Cu粉末95重量部と、#100以下の市販の純Bi粉末5重量部とを混合し、表1に示す条件で圧粉して、直徑10mm、厚さ約2mmの円柱ペレット形状に成形した。

そして表2に示す条件で焼結し、実施例1の銅基焼結金を得た。

【0016】

【表1】

粉末総量	1.4g
加圧力	8.5ton/cm ²
加圧保持時間	10min
真空排気	10Torr以下

【0017】

【表2】

雰囲気	高純度Ar (200cc/min 気流中)
焼結温度	800°C
焼結時間	1hr

(実施例2~5) 純Bi粉末の配合割合を表3に示すよう

に異ならせたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

【0018】(実施例6~19) 純Bi粉末の代わりに、表3に示す#100以下のBi合金粉末を15重量部用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。なおBi合金粉末は、表3に示すビスマス相の組成で溶製した合金を油目やすりで粉末化し、ふるい分けした#100以下のものを用いた。

【0019】(実施例20) 純Cu粉末の代わりに、#100以下の市販のCu-3.5Sn合金粉末を用い、純Bi粉末を15重量部用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

(実施例21) 純Cu粉末の代わりに、JIS C5101(りん青銅1種)粉末を用い、純Bi粉末を15重量部用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。なお、JIS C5101(りん青銅1種)粉末は、市販の伸展材を油目やすりで粉末化し、ふるい分けした#100以下のものを用いた。

【0020】(実施例22) 純Cu粉末の代わりに、JIS C5212(りん青銅3種)粉末を用い、純Bi粉末を15重量部用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。なお、JIS C5212(りん青銅3種)粉末は、市販の伸展材を油目やすりで粉末化し、ふるい分けした#100以下のものを用いた。

【0021】(実施例23) 純Cu粉末の代わりにJIS C5101(りん青銅1種)粉末を用い、純Bi粉末の代わりに表3に示す#100以下のBi合金粉末を15重量部用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。なおBi合金粉末は、表3に示すビスマス相の組成で溶製した合金を油目やすりで粉末化し、ふるい分けした#100以下のものを用いた。

【0022】(比較例1) 表3に示すように、#100以下の市販の純Cu粉末のみを用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

(比較例2~3) 純Bi粉末の配合割合を表3に示すよう

に異ならせたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

【0023】(比較例4~6) 純Bi粉末の代わりに、表3に示す#100以下のBi合金粉末を15重量部用

いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調

製した。なおBi合金粉末は、表3に示すビスマス相の組成で溶製した合金を油目やすりで粉末化し、ふるい分けした#100以下のものを用いた。

【0024】(比較例7) #100以下の市販の純Cu粉末95重量部と、#100以下の市販の純Pb粉末5重量部を用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

(比較例8) #100以下の市販の純Cu粉末90重量部と、#100以下の市販の純Pb粉末10重量部を用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

【0025】(比較例9) #100以下の市販のCu-3.5Sn-24Pb合金粉末の所定量と、#100以下の市販のCu-3.5Sn合金粉末の所定量とを、表3に示す組成割合となるように混合したこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

【0026】(比較例10) #100以下の市販のCu-3.5Sn-24Pb合金粉末のみを用いたこと以外は実施例1と同様にして銅基焼結合金を調製した。

【0027】

【表3】

実 施 例	銅相の組成と割合		ビスマス相の組成と割合					備考
	組成	wt%	Bi	Sn	Ag	In	wt%	
1	100Cu	95	100	—	—	—	5	Cu-Bi合金
2	100Cu	90	100	—	—	—	10	
3	100Cu	85	100	—	—	—	15	
4	100Cu	75	100	—	—	—	25	
5	100Cu	50	100	—	—	—	50	
6	100Cu	8.5	bal	0.1	—	—	1.5	Cu-Bi-Sn合金
7	100Cu	8.5	bal	6	—	—	1.5	
8	100Cu	8.5	bal	20	—	—	1.5	
9	100Cu	8.5	bal	—	0.1	—	1.5	Cu-Bi-Ag合金
10	100Cu	8.5	bal	—	3	—	1.5	
11	100Cu	8.5	bal	—	10	—	1.5	
12	100Cu	8.5	bal	—	—	0.1	1.5	Cu-Bi-In合金
13	100Cu	8.5	bal	—	—	2	1.5	
14	100Cu	8.5	bal	—	—	5	1.5	
15	100Cu	8.5	bal	6	—	2	1.5	4元合金
16	100Cu	8.5	bal	18	—	2	1.5	
17	100Cu	8.5	bal	18	2	—	1.5	
18	100Cu	8.5	bal	—	10	2	1.5	
19	100Cu	8.5	bal	15	2	1	1.5	5元合金
20	Cu-3.5Sn	8.5	100	—	—	—	1.5	
21	JIS C5101	8.5	100	—	—	—	1.5	
22	JIS C5212	8.5	100	—	—	—	1.5	
23	JIS C5101	8.5	bal	6	—	—	1.5	
1	100Cu	100	—	—	—	—	0	純銅
2	100Cu	97	100	—	—	—	3	Cu-Bi
3	100Cu	25	100	—	—	—	75	Cu-Bi
4	100Cu	8.5	bal	25	—	—	1.5	Cu-Bi-Sn
5	100Cu	8.5	bal	—	15	—	1.5	Cu-Bi-Ag
6	100Cu	8.5	bal	—	—	8	1.5	Cu-Bi-In
7	Cu-5Pb							混合粉で調製
8	Cu-10Pb							
9	Cu-3.5Sn-15Pb							
10	Cu-3.5Sn-24Pb							合金粉で調製

【0028】(試験例) 上記のそれぞれの焼結合金を、直径4mm、厚さ1mmの円板形状に切削し、黄銅製の基台に設けられた深さ約0.6mmの穴に圧入するとともにエポキシ樹脂で接着した。これをピン試験片用い、直径4mmの表面を摩擦面として、表4に示す条件

にてピンオンディスク型の摩擦摩耗試験を行った。そして摩擦係数、摩擦面の摩耗量、摩擦面のビッカース硬さを測定し、結果を表5及び図6~図8に示す。

【0029】

【表4】

試験装置	ピンオンディスク型試験機
すべり速度	0.27 m/s
荷重	10 N
雰囲気	真空中無潤滑 (1×10^2 Torr)
温度	室温
試験時間	30 min
相手材 (ディスク試験片)	SUJ2鋼 (硬さHv730、表面粗さ $1.8 \mu\text{mRz}$)

【0030】

【表5】

	摩擦係数	摩耗量 (mg)	硬さ (Hv)	組成
実施	1	0.19	1.21	71.6 Cu-5Bi
	2	0.14	1.62	76.9 Cu-10Bi
	3	0.13	2.06	64.4 Cu-15Bi
	4	0.12	1.53	61.1 Cu-25Bi
	5	0.11	2.12	56.2 Cu-50Bi
	6	0.13	1.89	65.1 Cu-15(Bi-0.1Sn)
	7	0.16	1.71	68.9 Cu-15(Bi-6Sn)
	8	0.11	1.45	73.9 Cu-15(Bi-20Sn)
	9	0.12	1.98	65.1 Cu-15(Bi-0.1Ag)
	10	0.11	2.01	63.8 Cu-15(Bi-3Ag)
例	11	0.11	2.02	66.2 Cu-15(Bi-10Ag)
	12	0.13	1.94	64.3 Cu-15(Bi-0.1In)
	13	0.14	1.55	63.8 Cu-15(Bi-2In)
	14	0.15	1.82	63.3 Cu-15(Bi-5In)
	15	0.11	0.97	66.9 Cu-15(Bi-6Sn-2In)
	16	0.14	1.88	71.2 Cu-15(Bi-18Sn-2In)
	17	0.12	1.73	64.0 Cu-15(Bi-10Ag-2In)
	18	0.12	1.35	74.8 Cu-15(Bi-18Sn-2Ag)
	19	0.12	1.32	75.2 Cu-15(Bi-15Sn-2Ag-1In)
	20	0.15	0.22	75.0 (Cu-3.5Sn)-15Bi
比較	21	0.16	0.14	76.9 C5101-15Bi
	22	0.12	0.44	77.8 C5212-15Bi
	23	0.11	0.13	78.8 C5101-15(Bi-6Sn)
	1	0.27	0.06	58.9 100Cu
	2	0.25	2.98	67.1 Cu-3Bi
	3	0.25	2.65	29.0 Cu-75Bi
	4	0.21	2.73	76.8 Cu-15(Bi-25Sn)
	5	0.21	2.61	69.8 Cu-15(Bi-15Ag)
	6	0.22	2.83	59.7 Cu-15(Bi-8In)
	7	0.37	2.23	51.4 Cu-5Pb
	8	0.32	0.67	52.8 Cu-10Pb
	9	0.17	0.13	90.1 Cu-3.5Sn-15Pb
	10	0.17	0.09	57.5 Cu-3.5Sn-24Pb

【0031】(評価) 先ず摩擦係数について見ると、各実施例の焼結合金は比較例1～9に比べて摩擦係数が低く、実用されている比較例10のCu-Pb系焼結合金と同等の0.2以下であり、優れた摩擦特性を示している。また実施例1～5の比較より、純Biの濃度が増加するにつれて摩擦係数が低くなっていることがわかる。

さらに実施例8～11は実施例3よりも摩擦係数が低いことから、ビスマス相1は純BiよりBi基合金とすることが摩擦低減に有効であることがわかる。

【0032】一方、摩耗量について見ると、各実施例の焼結合金の摩耗量は実用されている比較例10に比べて多いものの、比較例8のCu-5Pb合金より少なく耐

摩耗性に優れていることがわかる。そして銅相2をCu基合金とした実施例20~22は、摩擦係数は比較例10より低く、摩耗量も比較例10と比べて遜色なく、摩擦特性にきわめて優れている。

【0033】そしてビスマス相1をBi基合金とし、かつ銅相2をCu基合金とした実施例23では、摩擦係数の低さと摩耗量の少なさとが両立し、各実施例のなかで特に摩擦特性に優れている。さらに各実施例の焼結合金のピッカース硬さは、実用されている比較例10と同等以上であり、材料強度も高いことがわかる。

【0034】次にビスマス相1について見ると、実施例6~19では実施例3に比べて摩耗量が低減し、ピッカース硬さが大きくなる傾向が認められ、特にSnが増えるにつれてその傾向が顕著に認められる。したがってBiへのSn、Ag、Inの添加はいずれもビスマス相1と銅相2との密着性を向上させて材料強度を高める効果があると考えられる。

【0035】しかし実施例6、実施例9及び実施例12の摩擦特性は実施例3と大差なく、したがってSn、Ag、Inの添加量が0.1重量%未満では効果が不十分である。なお実施例8では高い摩擦特性を示すのに、比較例4のようにSnの添加量が20重量%を超えると、摩擦係数が高くなるとともに摩耗量が増大する。したがってSnの添加量は20重量%以下とするのが望ましい。

【0036】また実施例14では高い摩擦特性を示すのに、比較例6のようにInの添加量が5重量%を超えると摩擦係数が高くなるとともに摩耗量が増大する。したがってInの添加量は5重量%以下とするのが望ましい。このようにSn及びInの過剰の添加による摩擦特性の低下は、ビスマス相1の融点が低下することに起因すると考えられる。一方、Agを添加してもビスマス相1の融点が低下するが、その程度はSn及びInの場合に比べて小さく、例えばSnを20重量%添加すると共晶合金であるBi-Sn合金の完全溶融点は約200°Cとなるが、Agを50重量%まで添加しても融点が26°Cより低くなることはない。しかし、比較例5のようにAgの添加量が10重量%を超えると、摩擦係数が高くなるとともに摩耗量が増大する。

【0037】

【表6】

	ビスマス相の組成				硬さ (Hv)
	Bi	Sn	Ag	In	
実施例	1	100	—	—	—
	2	100	—	—	—
	3	100	—	—	—
	4	100	—	—	—
	5	100	—	—	—
	6	bal	0.1	—	—
	7	bal	5	—	—
	8	bal	20	—	—
	9	bal	—	0.1	—
	10	bal	—	3	—
	11	bal	—	10	—
	12	bal	—	—	0.1
	13	bal	—	—	2
	14	bal	—	—	5
	15	bal	6	—	2
	16	bal	18	—	2
	17	bal	18	2	—
	18	bal	—	10	2
	19	bal	15	2	1
	20	100	—	—	—
	21	100	—	—	—
	22	100	—	—	—
	23	bal	—	—	—
比較例	2	100	—	—	—
	3	100	—	—	—
	4	bal	25	—	—
	5	bal	—	15	—
	6	bal	—	—	8
	鉛 (100%)				3.88

【0038】表6に各実施例及び比較例におけるビスマス相1のピッカース硬さと鉛のピッカース硬さを示す。表6から明らかなように、Agの添加量が多いほどビスマス相1が硬くなっている。すなわち比較例5のようにAgの添加量が10重量%を超えると摩擦係数が高くなるとともに摩耗量が増大する原因は、ビスマス相1が硬くなりすぎてなじみ性が低下したことによるものと考えられる。したがってAgの添加量は10重量%以下とすることが望ましい。

【0039】本発明の銅基焼結合金は、そのまで摺動部材として用いることができるし、図2に示すように本発明の銅基焼結合金からなる摺動部材10表面にオーバレイ11を設けてもよい。また本発明の銅基焼結合金は、図3に示すように裏金100のライニング12として用いることができる。また図4に示すように、本発明の銅基焼結合金からなるライニング12表面にオーバレイ13を設けてもよい。

【0040】さらに、図5に示すように、ライニング12とオーバレイ13の間にバリヤめっき層14を設けることも好ましい。このようにすれば、オーバレイ13が経時でライニング12中へ拡散するのを抑制され耐久性が向上する。

【0041】

【発明の効果】すなわち本発明の銅基焼結合金によれば、鉛を用いずにCu-Pb系焼結合金と同等の摩擦摺

動特性を発現する。したがって環境を害する恐れのある鉛の使用量の低減に寄与し、オーバレイ付きすべり軸受けのライニング材などとして好適に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の銅基焼結合金の概略構成を示す説明図である。

【図2】本発明の実施例の銅基焼結合金の使用例の一例を示す断面図である。

【図3】本発明の実施例の銅基焼結合金の使用例の一例を示す断面図である。

【図4】本発明の実施例の銅基焼結合金の使用例の一例

を示す断面図である。

【図5】本発明の実施例の銅基焼結合金の使用例の一例を示す断面図である。

【図6】実施例及び比較例の焼結合金の摩擦係数を示す棒グラフである。

【図7】実施例及び比較例の焼結合金の摩耗量を示す棒グラフである。

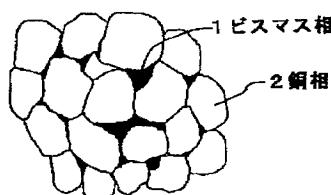
【図8】実施例及び比較例の焼結合金のビッカース硬さを示す棒グラフである。

【符号の説明】

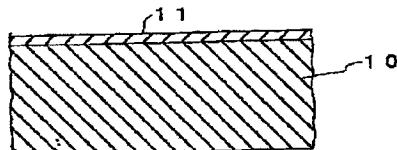
1: ビスマス相

2: 銅相

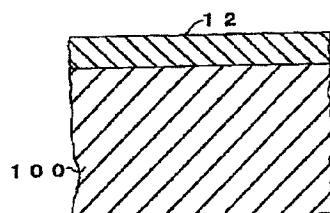
【図1】



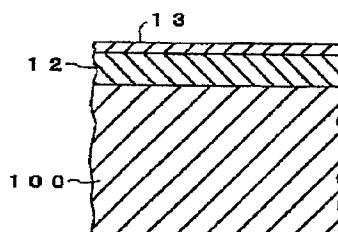
【図2】



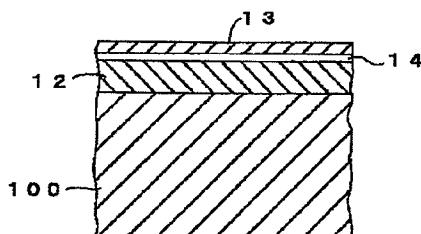
【図3】



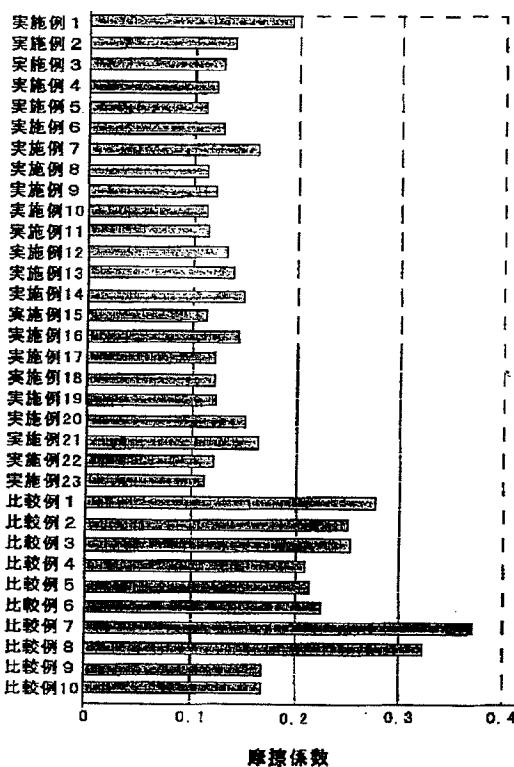
【図4】



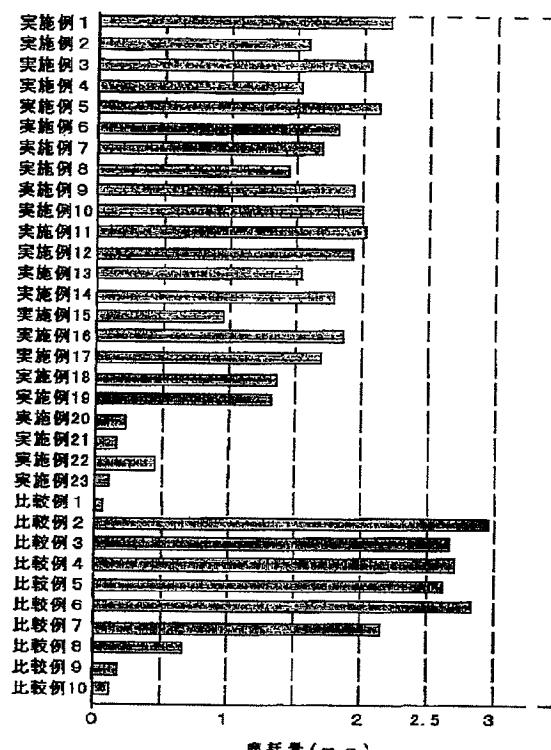
【図5】



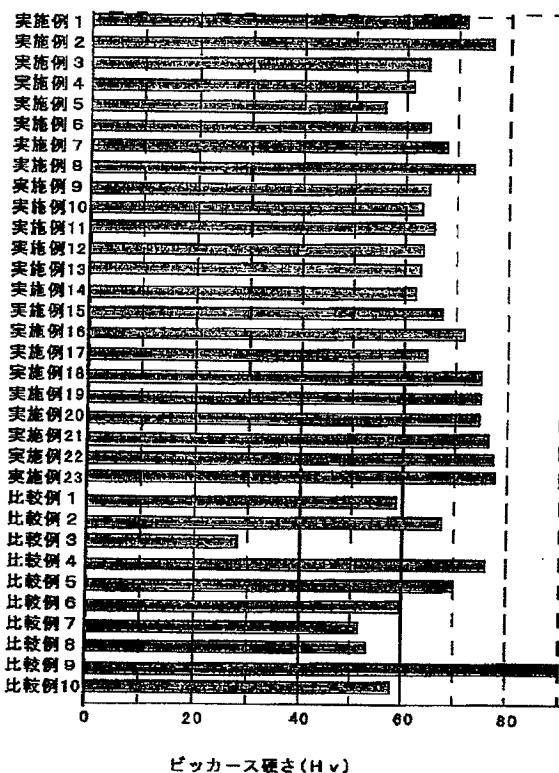
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 不破 良雄
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内

(72)発明者 志村 好男
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 堀田 滋
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番
地の1株式会社豊田中央研究所内